

PANORAMAS SETORIAIS

Mudanças climáticas

# MINERAÇÃO

Pedro Sergio Landim de Carvalho

Pedro Paulo Dias Mesquita

Luciane Melo\*

\* Respectivamente, gerente e economista do Departamento de Indústria de Base da Área de Insumos Básicos do BNDES e gerente do Departamento de Pesquisas e Operações da Área de Pesquisa e Acompanhamento Econômico do BNDES.

## Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de minérios (ICMM, 2014). Entre os bens minerais produzidos, destacam-se o ferro, o nióbio, a bauxita e o manganês. A indústria extrativa mineral representou 1,6% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro em 2013,<sup>1</sup> e, segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram), a exportação de bens minerais totalizou 15,2% das exportações brasileiras nesse mesmo ano (IBRAM, 2015). Com saldo comercial de US\$ 26 bilhões em 2014, o setor apresenta impacto positivo relevante sobre a balança comercial brasileira. O Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação à Mudança do Clima na Mineração (Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono – Plano MBC) aponta ainda a geração de cerca de um milhão de empregos pelo setor (BRASIL, 2013).

De acordo com o *II Inventário de gases efeito estufa do setor mineral*, realizado pelo Ibram, o total de emissões desse segmento<sup>2</sup> representou 0,9% das emissões brasileiras (IBRAM, 2014; BRASIL, 2014) em 2011. O Brasil apresenta, pelas características de suas minas e da sua matriz energética, emissões mais baixas que a de outros países mineradores (BRASIL, 2013).

A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) considerou o setor de mineração prioritário. Justifica-se essa priorização pelo destaque que o Brasil possui nessa atividade em termos mundiais e pela relevância dessa atividade para a economia, evidenciada pela participação no produto, saldos comerciais e presença em diversas cadeias produtivas. Além disso, a mineração conta com grandes projetos de investimento, em que a questão da sustentabilidade social e ambiental é cada vez mais importante (BRASIL, 2013).

O Plano MBC, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, foi elaborado com o objetivo, entre outros, de identificar ações que possam mitigar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) da mineração, contribuindo para o alcance dos compromissos voluntários do Brasil no âmbito da PNMC (BRASIL, 2013). Para reduzir as emissões, o Plano MBC indicou objetivos específicos, tais como aumentar o conhecimento a respeito das emissões de GEE do processo de mineração, disseminar boas práticas para redução de emissões, incentivar a ampliação do investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação e garantir apoio às pequenas e médias empresas mineradoras (BRASIL, 2013).

---

<sup>1</sup> Valor da transformação industrial da indústria extrativa mineral, exceto gás e petróleo, obtido em IBGE (2013) e produto interno bruto no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA).

<sup>2</sup> Foram inventariadas as emissões de 16 bens minerais e da pelotização (minério de ferro), que representam 90% da produção mineral em termos de valor, com emissões totais de 11,3 milhões tCO<sub>2</sub>eq, e emissões brasileiras de 1,3 bilhão tCO<sub>2</sub>eq em 2011.

As principais fontes de emissões de GEE da mineração são o consumo de energia e de combustível utilizado no transporte de minério dentro da mina. Segundo o Ibram (2014), 90% das emissões de GEE na fase de extração resultam dessas atividades (IBRAM, 2014).

O Plano MBC aponta os principais fatores que afetam a emissão de GEE no segmento de mineração: alterações no tipo de minério extraído, no teor de minério (*mineral grade*) e na relação estéril/minério (*strip ratio*); distância média de transporte (entre a cava e o beneficiamento e entre a cava e a pilha estéril); eficiência energética dos motores utilizados; recuperação mássica e produtividade do processo; e conhecimento das reservas minerais (BRASIL, 2013). Os fatores mencionados afetam, de diferentes formas, a necessidade de beneficiamento e de transporte e, por consequência, o consumo de combustível e de energia. As emissões de GEE na mineração são resultado da combinação de características do bem mineral, da mina e das fontes de energia consumida.

Considerando que na mineração características que determinam o volume de emissões podem variar bastante entre diversos projetos, torna-se ainda mais importante realizar inventários. Segundo o Ibram, quando foi iniciada a realização do *II Inventário de gases efeito estufa do setor mineral*, mais de 75% das empresas associadas não possuíam inventários de emissões públicos para o ano de 2011 (IBRAM, 2014).

A tendência natural é que, ao longo do tempo, as emissões específicas por tonelada de minério cresçam em virtude, principalmente, da deterioração do teor de minério e do aumento da relação estéril/minério (BRASIL, 2013). Dessa forma, a fim de reduzir as emissões de GEE na mineração, o aumento da eficiência dos processos, máquinas e equipamentos utilizados deve agir na direção contrária dessa tendência natural.

## Medidas para mitigação das emissões de gases de efeito estufa

O Plano MBC faz um levantamento de diversas iniciativas de abatimento e, por meio de discussões com representantes e especialistas do setor, foram selecionadas aquelas mais adequadas à realidade brasileira e com maior potencial de redução de emissões. As iniciativas identificadas foram sumarizadas no Quadro 1 a seguir.

Como esperado pelas características da atividade mineradora, as oportunidades de redução de emissões podem ser agrupadas em três conjuntos de medidas: alteração da fonte energética utilizada, otimização energética e uso de novas tecnologias.

A alteração de fonte energética utilizada envolve, principalmente, a substituição de combustíveis não renováveis de alto teor de carbono por combustíveis renováveis ou não renováveis menos carbono-intensivos. A otimização energética inclui trocas de equipamentos ou instalação de peças que reduzam o consumo de

combustível ou eletricidade. Finalmente, o uso de novas tecnologias abrange tanto inovações nos equipamentos quanto tecnologias para o planejamento e desenvolvimento da exploração mineral, além da adoção de processos mais automatizados e integrados, a exemplo de sistemas *truckless*, que substituem o uso de caminhões por correias transportadoras (BRASIL, 2013).

Quadro 1: Iniciativas para redução das emissões na mineração

INICIATIVAS	DESCRIÇÃO	BARREIRAS	POTENCIAL DE REDUÇÃO
Substituição da fonte energética – de combustíveis de alto teor de carbono por combustíveis renováveis ou não renováveis de menor intensidade carbônica	Uso de biocombustíveis no transporte interno	Oferta insuficiente de biocombustíveis e gás a preço competitivo	Médio
	Uso de gás natural na pelotização (parte do esforço observado nos últimos anos)	Logística dos combustíveis	Baixo
Troca ou ajuste de equipamentos com o objetivo de otimizar o consumo de combustível ou eletricidade	Substituição da frota e aumento da capacidade dos caminhões de mineração	Investimento necessário é elevado	Médio
	Otimização da combustão (pelotização)		Baixo
	Instalação de equipamento de otimização de torque de caminhões ( <i>fan clutch</i> )		Médio
	Utilização de equipamentos mais eficientes		Médio
Uso de novas tecnologias na mineração	Alteração de desenho das minas	Uso de correias transportadoras envolve um alto valor de investimento, depende da configuração da mina e reduz flexibilidade	Alto
	Uso de equipamentos avançados para a mineração, tais como auxílio elétrico a caminhões, correias transportadoras associadas à britagem na mina e veículos híbridos		
		Uso de caminhões híbridos exige investimento elevado	

Fonte: Brasil (2013).

Entre os minérios avaliados no Plano MBC, a extração do minério de ferro e o processo de pelotização foram responsáveis em conjunto por cerca de 70% das emissões de GEE inventariadas em 2011 (IBRAM, 2014). Apesar de o processo de pelotização ser a maior fonte emissora de GEE no setor de mineração, respondendo por 52% das emissões em 2011 (IBRAM, 2014), o uso de pelotas de ferro tem impacto redutor sobre as emissões totais de GEE quando avaliada toda a cadeia de transformação do ferro em aço. Isso decorre da maior eficiência gerada pelo uso de pelotas no processo de redução do minério de ferro para produção do ferro-gusa, resultando em volume menor de emissões de GEE por tonelada produzida (BRASIL, 2013).

A partir das informações constantes no referido inventário do Ibram e no Plano Nacional de Mineração 2030 (BRASIL, 2010), o Plano MBC realizou uma análise de 15

produtos (14 minerais e a pelletização) com o objetivo de identificar o potencial de abatimento das emissões para o ano de 2020 (BRASIL, 2013).<sup>3</sup>

Para calcular o potencial de abatimento de emissões, o Plano MBC partiu dos valores da produção dos bens minerais no ano-base 2008 e dos índices de emissões levantados.<sup>4</sup> A seguir, foram aplicadas as taxas de crescimento de cada minério previstas no Plano Nacional de Mineração 2030, o que resultou no cenário base para 2020. A partir desse número, foram estimados os impactos das oportunidades identificadas (Quadro 1) para quatro produtos (ferro, pelotas, agregados e carvão energético) considerando três cenários diferentes em relação à capacidade de superação das barreiras existentes e níveis de adoção das iniciativas.

Para estimar as emissões futuras e o potencial de redução, foram consideradas as seguintes etapas da mineração: lavra, beneficiamento físico, pelletização e transporte interno à mina. Para fazer a projeção de emissões (cenário base) foram considerados todos os 15 produtos, mas, para estimar o potencial de abatimento, foram examinadas as iniciativas selecionadas para a mineração de ferro, incluindo a pelletização, agregados (brita) e carvão. O potencial de abatimento para a mineração, nos três cenários, varia entre 740 mil e 2,7 milhões tCO<sub>2</sub>eq, contra uma projeção de emissões total de 17,4 MtCO<sub>2</sub>eq em 2020 (BRASIL, 2013).

## Expectativas para as emissões da mineração

O *II Inventário de gases efeito estufa do setor mineral*, publicado pelo Ibram em 2014 para o ano-base 2011, incluiu alguns bens minerais que não haviam sido cobertos no inventário anterior, ano-base 2008. Foram incluídos nessa segunda edição: fosfato, gipsita, areia, brita, carvão mineral e rochas ornamentais. Considerando apenas os bens minerais para os quais há inventário nos dois anos, em que, portanto, a comparação é possível, os dados revelam um aumento nas emissões na maior parte dos bens minerais. A redução das emissões obtida no processo de pelletização compensou o crescimento identificado nos demais bens minerais, fazendo com que as emissões aumentassem praticamente no mesmo percentual do aumento da produção, mantendo a intensidade das emissões inalterada. A Tabela 1 a seguir apresenta a comparação entre os resultados obtidos pelos inventários de 2008 e 2011.

<sup>3</sup> O Plano MBC é aplicado aos seguintes produtos minerais: minério de ferro incluindo a pelletização, potássio, fosfato, zinco, níquel, chumbo, ouro, cobre, bauxita, nióbio, manganês, agregados (areia e brita) e carvão mineral. Contudo, as iniciativas de abatimento foram definidas apenas para quatro produtos, responsáveis por 80% das emissões: ferro, pelotas, agregados (brita) e carvão energético.

<sup>4</sup> Os índices de emissões para dez minérios foram definidos a partir do inventário conduzido pelo Ibram. Para os demais, os índices foram obtidos por meio de análises do processo produtivo, entrevistas com empresas e comparações internacionais (BRASIL, 2013).

Tabela 1: Comparativo entre movimentações e emissões 2008-2011

BEM MINERAL	MOVIMENTAÇÃO 2008 (ROM) (10 <sup>3</sup> t)	TOTAL DE EMISSÕES 2008 (tCO <sub>2</sub> eq)	MOVIMENTAÇÃO 2011 (ROM) (10 <sup>3</sup> t)	TOTAL DE EMISSÕES 2011 (tCO <sub>2</sub> eq)	STATUS (movimentação)	STATUS (emissões)
Areia	-	-	346.772	690.923	-	-
Bauxita	38.220	379.499	35.135	477.751	-8,1% ▼	25,9% ▲
Brita	-	-	268.000	533.974	-	-
Carvão	-	-	12.305	13.195	-	-
Caulim	7.912	317.212	7.135	296.456	-9,8% ▼	-6,5% ▼
Cobre	38.788	308.306	63.800	303.362	64,5% ▲	-1,6% ▼
Ferro	491.525	1.516.380	519.300	1.627.929	5,7% ▲	7,4% ▲
Fosfato	-	-	41.383	180.836	-	-
Gipsita	-	-	3.223	10.951	-	-
Manganês	5.574	8.496	5.189	32.996	-6,9% ▼	288,4% ▲
Nióbio	20.970	13.948	8.391	23.419	-60,0% ▼	67,9% ▲
Níquel	6.731	10.863	18.420	518.079	173,7% ▲	4669,2% ▲
Ouro	118.995	301.060	136.500	497.369	14,7% ▲	65,2% ▲
Potássio	2.562	20.231	2.556	22.169	-0,2% ▼	9,6% ▲
Rochas ornamentais	-	-	23.435	114.672	-	-
Zinco	2.241	22.240	2.303	21.586	2,8% ▲	-2,9% ▼
	PRODUÇÃO 2008 (10 <sup>3</sup> t)	TOTAL DE EMISSÕES 2008 (tCO <sub>2</sub> eq)	PRODUÇÃO 2011 (ROM) (10 <sup>3</sup> t)	TOTAL DE EMISSÕES 2011 (tCO <sub>2</sub> eq)	STATUS (movimentação)	STATUS (emissões)
Pelotização	55.300	5.957.420	62.400	5.924.584	12,8% ▲	-0,6% ▼
Total base 2008	788.818	8.855.655	861.129	9.745.700	10,1% ▲	10,1% ▲
Total 2011			1.556.247	11.290.249		

Fonte: Adaptado a partir de Ibram (2014).

A tendência, portanto, é de crescimento gradual da intensidade carbônica da mineração brasileira. O incentivo à adoção de medidas que reduzam as emissões e mudem ou ao menos retardem essa tendência é muito importante, considerando-se o peso e a relevância dessa atividade para a economia do país.

## Referências

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. *Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil*. Brasília, 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. *Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação à Mudança do Clima na Mineração: Plano de Mineração de Baixa Emissão de Carbono (Plano MBC)*. Brasília, 2013.

\_\_\_\_\_. *Plano Nacional de Mineração 2030*. Brasília, 2010.

INTERNATIONAL COUNCIL ON MINING AND METALS – ICMM. *The role of mining in national economies*. 2. ed. London, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *PIA: pesquisa industrial anual: empresa e produto*. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://questionarios.ibge.gov.br/downloads-questionarios/pia-pesquisa-industrial-anual-empresa-e-piapesquisa-industrial-anual-produto.html>>. Acesso em: 13 nov. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. *II Inventário de gases efeito estufa do setor mineral*. Brasília, 2014.

\_\_\_\_\_. *Informações sobre a economia mineral brasileira 2015*. Brasília, 2015.